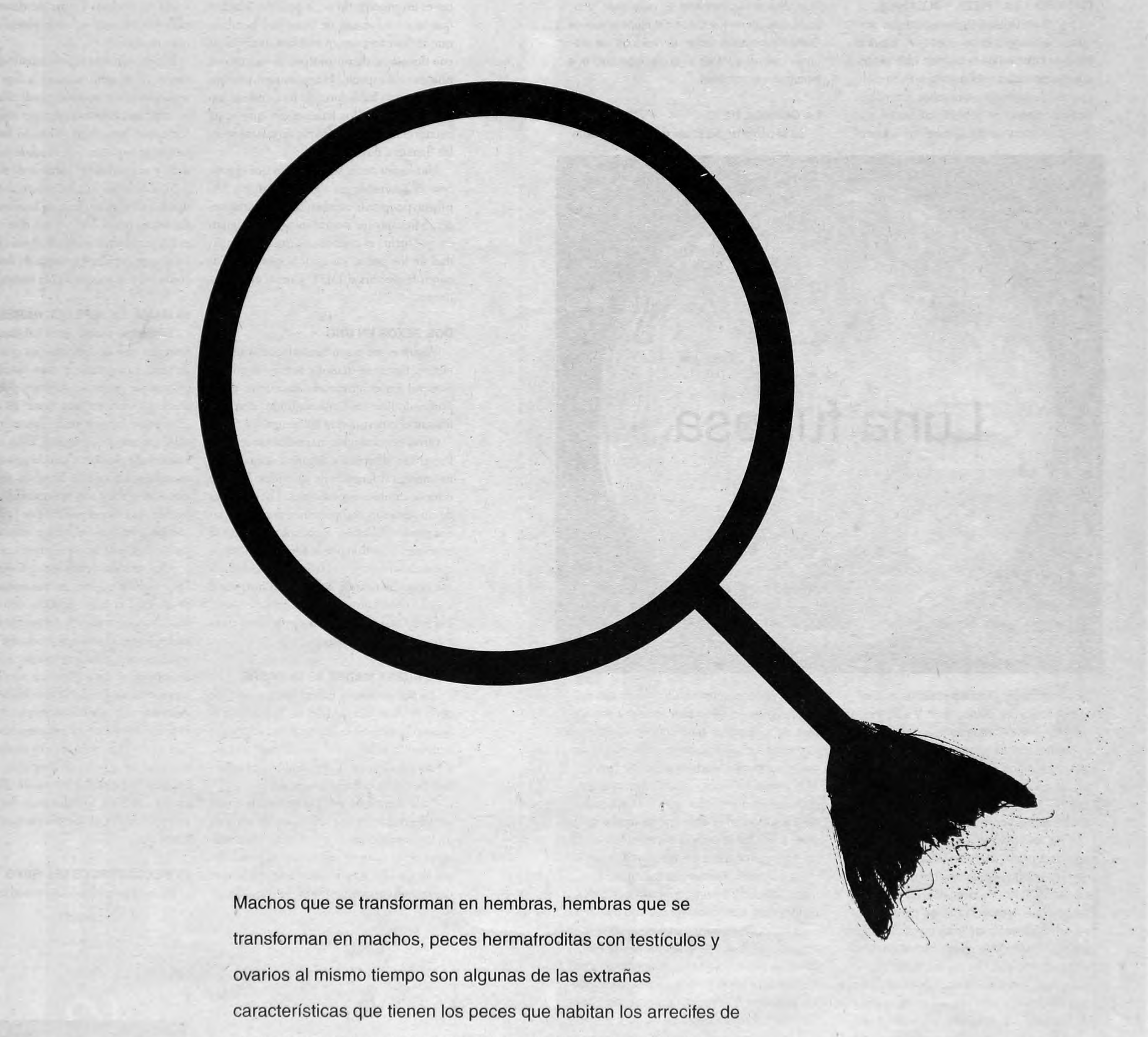
El sexo de los peces



Machos que se transforman en hembras, hembras que se transforman en machos, peces hermafroditas con testículos y ovarios al mismo tiempo son algunas de las extrañas características que tienen los peces que habitan los arrecifes de coral de Australia, el Mar de la China y el Océano Indico. En esta entrega de **Futuro**, un tema de la biología marina en el que se demuestra que en cuestiones de sexualidad, al menos, los peces forman parte de un mundo donde nada es imposible.

POR MARIANO RIBAS

Es un mundo tan colorido como infernal. Su superficie es una mezcla alocada de tonos rojos, amarillos y verdes. Y por todas partes, gigantescos volcanes vomitan chorros de azufre ardiente, generando uno de los espectáculos más impresionantes que puedan imaginarse. Tan es así, que Io, una de las lunas más grandes de Júpiter, se ha ganado, muy merecidamente, el título del cuerpo volcánico más activo del Sistema Solar. En 1979, las legendarias naves Voyager I y II nos enviaron las primeras vistas cercanas de Io, y los primeros indicios de su incesante vulcanismo. Ya han pasado más de veinte años, y ahora, gracias a la sonda espacial Galileo (que está orbitando las vecindades de Júpiter desde fines de 1995) y al inefable Telescopio Espacial Hubble, los astrónomos ya tienen algunas respuestas para justificar la insólita apariencia de esta rabiosa criaturita.

GALILEO Y LA "PIZZA VOLCANICA"

En 1610, Galileo Galilei apuntó un pequeño telescopio hacia Júpiter. Y fue el primer ser humano de la historia que observó sus cuatro lunas más grandes. Pero claro, apenas pudo ver unos puntitos luminosos que cambiaban de posición de noche a noche. Con el correr del tiempo, los telescopios mejoraron, pero las lunas de Júpiter nunca fueron un blanco fácil. Y aun con los mejores instrumentos de la actualidad, sus pequeños discos apenas sugieren detalles bastante vagos. Por eso, en 1979, cuando las naves norteamericanas Voyager I y II (NASA) las visitaron por primera vez, la expectativa fue enorme, porque por fin revelarían los rostros de esos enigmáticos mundos: Io, Europa, Ganímedes y Calisto. Todas resultaron ser lugares fascinantes, pero Io –de 3600 Km de diámetro, un poco más grande que nuestra Luna– se destacó por su extravagancia: las fotos transmitidas por las Voyager mostraron un mundo multicolor, salpicado de parches rojizos, naranjas, amarillos y verdes. Tanto, que el astrónomo Bradford Smith, que por entonces era el jefe de imágenes de la misión Voyager, describió a Io como "una de las mejores pizzas" que había visto.

Io se reveló como una luna con varios volcanes en plena actividad, algo completamente desconocido hasta entonces fuera de la Tierra. Incluso, las Voyager fotografiaron algunas erupciones. Por entonces, los astrónomos sospecharon que esos volcanes tenían mucho que ver con la colorida apariencia de Io. Y estaban bien encaminados.

LA PISTA DEL AZUFRE

En octubre de 1999, el Telescopio Espacial Hubble detectó una tremenda erupción en el volcán Pele, uno de los más grandes del satélite. Y el resultado fue un espectacular penacho de gases y polvo de casi 400 kilómetros de altura. Cuando los astrónomos analizaron esa nube volcánica, con el espectroscopio ultravioleta del Hubble, detectaron importantes rastros de azufre gaseoso. Por su lado, la sonda espacial Galileo (no hace falta explicar el porqué de su nombre) ha obtenido detalladísimas imágenes del Pele y otros grandes volcanes de Io, como Prometheus y Culann Patera. Y a su alrededor, fotografió enormes anillos rojizos –de hasta 1200 km de diámetro–, y parches amarillos y verdes. Son las manchas que le dan a Io ese aspecto casi payasesco, y que tanto llamaron la atención de los científicos de la misión Voyager hace dos décadas. Pero ahora, el panorama es más claro, y la combinación de los datos del Hubble y de la Galileo parecen encajar: la clave de los distintos colores está en el azufre gaseoso que escupen los volcanes.

LA QUIMICA DE IO

El aspecto de pizza de Io es el resultado de una cadena química. Las moléculas del azufre gaseoso están formadas por dos átomos de azufre (S_2), pero cuando el gas llega a la helada superficie de Io –que es muy caliente por dentro, pero muy frío por fuera: 160 grados bajo cero– esas moléculas se recombinan, formando otras más grandes, de 3 o 4 átomos. Y este tipo de azufre es de color rojo. Con el tiempo, esas moléculas de azufre vuelven a combinarse, para crear otras aún más grandes, de 8 átomos, formando el clásico azufre amarillo que todos conocemos. Los tonos verdes son más difíciles de explicar, pero parece que se forman en los lugares donde el azufre rojo toma contacto con los flujos de lava incandescente (de hasta 1500 grados) recién salidos de los volcanes. Y antes de terminar, una yapa: recientemente, también, se ha descubierto que los volcanes de Io generan grandes corrientes de polvo que se desparraman por el espacio, desde el sistema de Júpiter hacia el resto del barrio solar. Otra de las sorpresas de esta luna lejana y furiosa, la misma que hace casi cuatrocientos años era apenas un punto de luz en el audaz telescopio de Galileo.



Luna furiosa



PEZ ANEMONA ANARANJADO

El sex
de los pece

POR RAUL A. ALZOGARAY

No es común que los vertebrados cambien de sexo durante el transcurso de sus vidas. De hecho, solamente ciertas ranas y peces pueden hacerlo (sin someterse a intervenciones quirúrgicas, quiero decir).

En cuestiones de sexualidad, la de los peces es un muestrario de lo posible. Machos que se transforman en hembras, hembras que se transforman en machos, individuos con dos sexos, distintos tipos de machos en una misma especie. Hasta existen machos que adoptan los colores de las hembras para infiltrarse en los harenes sin que se dé cuenta el macho dominante (el cuarto sexo, los llaman a ésos).

Unos años atrás, se descubrió que el proceso es reversible en algunas especies. Un mismo pez puede cambiar de sexo varias veces. Mientras los neurobiólogos averiguan en qué forma el cerebro controla la sexualidad de los peces, los toxicólogos estudian cómo la afectan el DDT y otros contaminantes.

DOS SEXOS EN UNO

Algunos peces son hermafroditas simultáneos, tienen testículos y ovarios al mismo tiempo. En determinado momento están poniendo huevos. Unos segundos después, liberan el esperma que los fecundará.

Otros peces son hermafroditas sucesivos. Presentan diferentes órganos sexuales en momentos diferentes de sus vidas. Y no se trata de cambios superficiales. Los genitales de un sexo son completamente reemplazados por los del otro y el comportamiento se invierte. El cambio puede tomar desde unos pocos días hasta varias semanas. Ocurre como consecuencia de la actividad hormonal y está controlado por el sistema nervioso. Las señales que lo disparan provienen de la estructura social de los peces.

QUE BUENA MADRE ES MI PADRE

El pez anémona habita los arrecifes de coral de Australia, el Mar de la China y el océano Indico. Se le dio ese nombre porque establece con las anémonas de mar una estrecha relación en la que ambos se benefician (a eso se lo llama simbiosis).

Cada familia de este pez se instala en las proximidades de una anémona. Se trata de un lugar particularmente seguro. Los tentáculos de la criatura contienen cápsulas llenas de toxinas paralizantes, que son liberadas cuando otro organismo los toca. En retribución, el pez desparasita y alim
protectora (el pez anémona tiene
estrategias para zafar del toque fat
los tentáculos. Una de ellas es emba
se con el mucus que fabrica la aném
ra protegerse de sus propias toxina

Una familia tipo de pez anémona
mada por una pareja de adultos y v
venes en diversas etapas de desarr
cada familia, solamente la pareja d
te se reproduce.

El pez anémona nace hermafrodit
táneo. En el camino hacia la fase a
sexo masculino se vuelve predomina
ro cada macho lleva consigo tejid
femenino inmaduro. Cuando las
tancias lo requieren, ese tejido femen
dura y se produce el cambio de sex

Si la hembra adulta muere ante
macho, éste se convierte en hembra
tendrá así por el resto de sus días, el
es irreversible). Entonces, el más gr
los jóvenes machos termina de desa
como tal y se aparea con la nueva h

MI MAMA, EL JEFE DEL HAREN

Entre los meros, otros habitant
arrecifes, son las hembras las que
de sexo. Los meros forman coloni
puestas por pequeños harenes, don
machos conviven con hasta 20 h
Ellos presentan colores brillantes: ro
rillo, anaranjado, púrpura. Ellas so
anaranjado pálidos. Cuando uno de
chos falta, una de las hembras se t
ma. Los ovarios son reemplazados
tículos, los colores pálidos por brilla
comportamiento se vuelve mascul
pocos días, está listo para fertilizar

¿Qué sentido tienen los cambios
Los especialistas opinan que son un
de mejorar el éxito reproductivo d
blación. Como sucede en tantos ot
males, los peces machos producen e
tozoides en abundante exceso. Un
de aprovecharlos es producir más h
una forma de producir más huevo
algunos machos se transformen en h
El proceso opuesto, transformación
bras en machos, sólo se lleva a cabo
el grupo cuenta con un exceso de h
Cuando hay cinco o menos de ella
xos no cambian. Si lo hicieran, hab
sez de huevos y el costo sería mayo
beneficio.

EL SEXO DESPUES DEL SEXO

En unas pocas especies existen in



PEZ ANEMONA "DAMISELADO"

ASTRONOMIA

Luna furiosa

POR MARIANO RIBAS

Es un mundo tan colorido como infernal. Su superficie es una mezcla alocada de tonos rojos, amarillos y verdes. Y por todas partes, gigantescos volcanes vomitan chorros de azufre ardiente, generando uno de los espectáculos más impresionantes que puedan imaginarse. Tan es así, que Io, una de las lunas más grandes de Júpiter, se ha ganado, muy merecidamente, el título del cuerpo volcánico más activo del Sistema Solar. En 1979, las legendarias naves Voyager I y II nos enviaron las primeras vistas cercanas de Io, y los primeros indicios de su incesante vulcanismo. Ya han pasado más de veinte años, y ahora, gracias a la sonda espacial Galileo (que está orbitando las vecindades de Júpiter desde fines de 1995) y al inefable Telescopio Espacial Hubble, los astrónomos ya tienen algunas respuestas para justificar la insólita apariencia de esta rabiosa criaturita.

GALILEO Y LA "PIZZA VOLCANICA"

En 1610, Galileo Galilei apuntó un pequeño telescopio hacia Júpiter. Y fue el primer ser humano de la historia que observó sus cuatro lunas más grandes. Pero claro, apenas pudo ver unos puntitos luminosos que cambiaban de posición de noche a noche. Con el correr del tiempo, los telescopios mejoraron, pero las lunas de Júpiter nunca fueron un blanco fácil. Y aun con los mejores instrumentos de la actualidad, sus pequeños discos apenas sugieren detalles bastante vagos. Por eso, en 1979, cuando las naves norteamericanas Voyager I y II (NASA) las visitaron por primera vez, la expectativa fue enorme, porque por fin revelarían los rostros de esos enigmáticos mundos: Io, Europa, Ganímedes y Calisto. Todas resultaron ser lugares fascinantes, pero Io –de 3600 Km de diámetro, un poco más grande que nuestra Luna– se destacó por su extravagancia: las fotos transmitidas por las Voyager mostraron un mundo multicolor, salpicado de parches rojizos, naranjas, amarillos y verdes. Tanto, que el astrónomo Bradford Smith, que por entonces era el jefe de imágenes de la misión Voyager, describió a Io como "una de las mejores pizzas" que había visto.



Io se reveló como una luna con varios volcanes en plena actividad, algo completamente desconocido hasta entonces fuera de la Tierra. Incluso, las Voyager fotografiaron algunas erupciones. Por entonces, los astrónomos sospecharon que esos volcanes tenían mucho que ver con la colorida apariencia de Io. Y estaban bien encaminados.

LA PISTA DEL AZUFRE

En octubre de 1999, el Telescopio Espacial Hubble detectó una tremenda erupción en el volcán Pele, uno de los más grandes del satélite. Y el resultado fue un espectacular penacho de gases y polvo de casi 400 kilómetros de altura. Cuando los astrónomos analizaron esa nube volcánica, con el espectroscopio ultravioleta del Hubble, detectaron importantes rastros de azufre gaseoso. Por su lado, la sonda espacial Galileo (no hace falta explicar el porqué de su nombre) ha obtenido detalladísimas imágenes del Pele y otros grandes volcanes de Io, como Prometheus y Culann Patera. Y a su alrededor, fotografió enormes anillos rojizos –de hasta 1200 km de diámetro–, y parches amarillos y verdes. Son las manchas que le dan a Io ese aspecto casi payasesco, y que tanto llamaron la atención de los científicos de la misión Voyager hace dos décadas. Pero ahora, el panorama es más claro, y la combinación de los datos del Hubble y de la Galileo parecen encajar: la clave de los distintos colores está en el azufre gaseoso que escupen los volcanes.

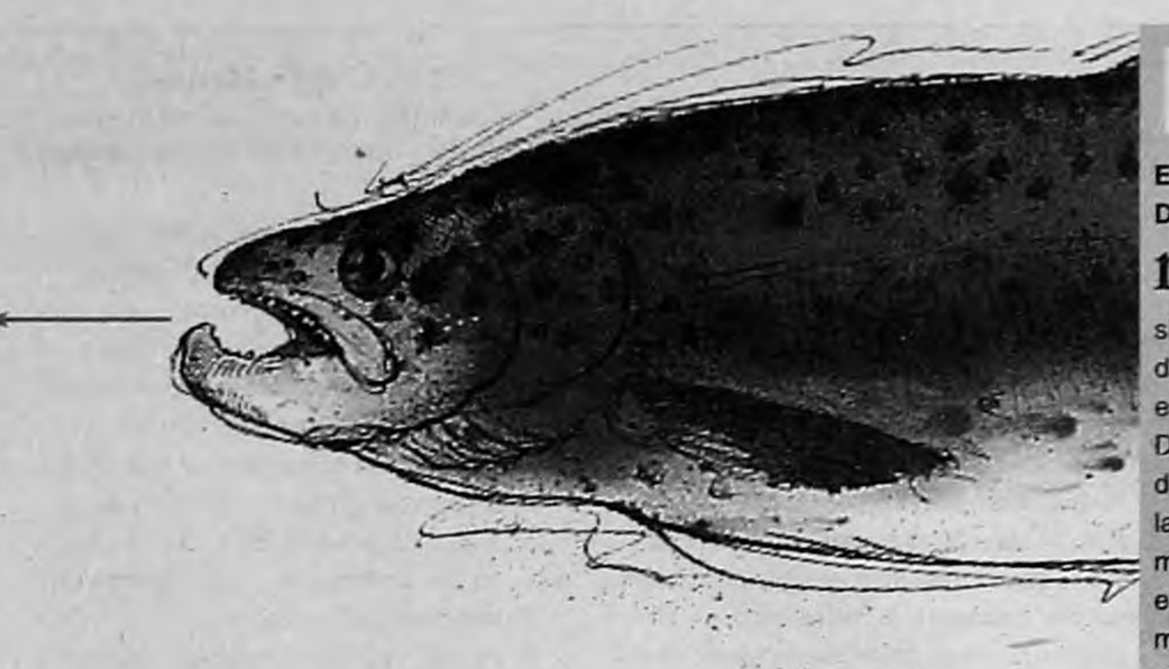
LA QUIMICA DE IO

El aspecto de pizza de Io es el resultado de una cadena química. Las moléculas del azufre gaseoso están formadas por dos átomos de azufre (S_2), pero cuando el gas llega a la helada superficie de Io –que es muy caliente por dentro, pero muy frío por fuera: 160 grados bajo cero– esas moléculas se recombinan, formando otras más grandes, de 3 o 4 átomos. Y este tipo de azufre es de color rojo. Con el tiempo, esas moléculas de azufre vuelven a combinarse, para crear otras aún más grandes, de 8 átomos, formando el clásico azufre amarillo que todos conocemos. Los tonos verdes son más difíciles de explicar, pero parece que se forman en los lugares donde el azufre rojo toma contacto con los flujos de lava incandescente (de hasta 1500 grados) recién salidos de los volcanes. Y antes de terminar, una yapa: recientemente, también, se ha descubierto que los volcanes de Io generan grandes corrientes de polvo que se desparraman por el espacio, desde el sistema de Júpiter hacia el resto del barrio solar. Otra de las sorpresas de esta luna lejana y furiosa, la misma que hace casi cuatrocientos años era apenas un punto de luz en el audaz telescopio de Galileo.



PEZ ANEMONA ANARANJADO

El sexo de los peces



POR RAUL A. ALZOGARAY

No es común que los vertebrados cambien de sexo durante el transcurso de sus vidas. De hecho, solamente ciertas ranas y peces pueden hacerlo (sin someterse a intervenciones quirúrgicas, quiero decir).

En cuestiones de sexualidad, la de los peces es un muestrario de lo posible. Machos que se transforman en hembras, hembras que se transforman en machos, individuos con dos sexos, distintos tipos de machos en una misma especie. Hasta existen machos que adoptan los colores de las hembras para infiltrarse en los harenes sin que se dé cuenta el macho dominante (el cuarto sexo, los llaman a ésos).

Unos años atrás, se descubrió que el proceso es reversible en algunas especies. Un mismo pez puede cambiar de sexo varias veces. Mientras los neurobiólogos averiguan en qué forma el cerebro controla la sexualidad de los peces, los toxicólogos estudian cómo la afectan el DDT y otros contaminantes.

DOS SEXOS EN UNO

Algunos peces son hermafroditas simultáneos, tienen testículos y ovarios al mismo tiempo. En determinado momento están poniendo huevos. Unos segundos después, liberan el esperma que los fecundará.

Otros peces son hermafroditas sucesivos. Presentan diferentes órganos sexuales en momentos diferentes de sus vidas. Y no se trata de cambios superficiales. Los genitales de un sexo son completamente reemplazados por los del otro y el comportamiento se invierte. El cambio puede tomar desde unos pocos días hasta varias semanas. Ocurre como consecuencia de la actividad hormonal y está controlado por el sistema nervioso. Las señales que lo disparan provienen de la estructura social de los peces.

QUE BUENA MADRE ES MI PADRE

El pez anémona habita los arrecifes de coral de Australia, el Mar de la China y el océano Indico. Se le dio ese nombre porque establece con las anémonas de mar una estrecha relación en la que ambos se benefician (a eso se lo llama simbiosis).

Cada familia de este pez se instala en las proximidades de una anémona. Se trata de un lugar particularmente seguro. Los tentáculos de la criatura contienen cápsulas llenas de toxinas paralizantes, que son liberadas cuando otro organismo los toca. En retribución, el pez desparasita y alimenta a su protectora (el pez anémona tiene distintas estrategias para zafar del toque fatídico de los tentáculos. Una de ellas es embadurnarse con el mucus que fabrica la anémona para protegerse de sus propias toxinas).

Una familia tipo de pez anémona está formada por una pareja de adultos y varios jóvenes en diversas etapas de desarrollo. En cada familia, solamente la pareja dominante se reproduce.

El pez anémona nace hermafrodita simultáneo. En el camino hacia la fase adulta, el sexo masculino se vuelve predominante. Pero cada macho lleva consigo tejido sexual femenino inmaduro. Cuando las circunstancias lo requieren, ese tejido femenino madura y se produce el cambio de sexo.

Si la hembra adulta muere antes que el macho, éste se convierte en hembra (se mantendrá así por el resto de sus días, el cambio es irreversible). Entonces, el más grande de los jóvenes machos termina de desarrollarse como tal y se aparea con la nueva hembra.

MI MAMA, EL JEFE DEL HAREN

Entre los meros, otros habitantes de los arrecifes, son las hembras las que cambian de sexo. Los meros forman colonias compuestas por pequeños harenes, donde varios machos conviven con hasta 20 hembras. Ellos presentan colores brillantes: rojo, amarillo, anaranjado, púrpura. Ellas son rosa o anaranjado pálidos. Cuando uno de los machos falta, una de las hembras se transforma. Los ovarios son reemplazados por testículos, los colores pálidos por brillantes, su comportamiento se vuelve masculino. En pocos días, está listo para fertilizar huevos.

¿Qué sentido tienen los cambios de sexo? Los especialistas opinan que son una forma de mejorar el éxito reproductivo de la población. Como sucede en tantos otros animales, los peces machos producen espermatozoides en abundante exceso. Una forma de aprovecharlos es producir más huevos. Y una forma de producir más huevos es que algunos machos se transformen en hembras. El proceso opuesto, transformación de hembras en machos, sólo se lleva a cabo cuando el grupo cuenta con un exceso de hembras. Cuando hay cinco o menos de ellas, los sexos no cambian. Si lo hicieran, habría escasez de huevos y el costo sería mayor que el beneficio.

EL SEXO DESPUES DEL SEXO

En unas pocas especies existen individuos capaces de cambiar de sexo hasta 10 veces consecutivas. Una de ellas fue descubierta por el biólogo marino Tokomi Sunobe, del Museo de Historia Natural de Chiba (Japón). El nombre de la especie es *Tummi okinawae*, un pez tropical que vive cerca de la costa de Okinawa.

Al *T. okinawae* también le gusta formar grupos en los que varias hembras conviven con un macho dominante. Si el macho abandona el grupo, o muere, una de las hembras cambia de sexo y ocupa el lugar vacante.

Por el contrario, si un macho de mayor tamaño arriba al grupo, el macho de turno deja de comportarse como tal. Empieza a actuar como hembra y termina transformándose en una.

A diferencia de los peces que cambian de sexo una sola vez, los órganos sexuales del *T. okinawae* no desaparecen por completo. Unas pocas células del sexo opuesto perduran luego de cada cambio. Son las que regenerarán los genitales en el siguiente ciclo.

CUESTION DE TAMAÑO

El equipo del biólogo Matthew Grober, de la Universidad de Idaho, logró inducir experimentalmente los cambios de sexo del T. okinawae. Introduciendo y retirando peces del grupo, los investigadores lograron que ocurrieran todos los cambios posibles, incluidas las reversiones sucesivas. Grober descubrió que los cambios de sexo van acompañados de modificaciones cerebrales. Esas modificaciones se producen en unas células que fabrican arginina vasotocina, sustancia que controla el comportamiento reproductivo de los vertebrados. Durante los cambios sexuales del *T. okinawae*, estas células cambian de tamaño (pero no de número). Se agrandan cuando los machos se transforman en hembras, se achican cuando ocurre lo contrario. Hay investigadores que sostienen que esta región del cerebro puede estar relacionada con el comportamiento transexual en los humanos, aunque la hipótesis suena un tanto reduccionista.

UNA EVA PARA DOS ADANES

El pez guardia marina (llamado así por una hilera de manchas en sus costados que recuerdan los botones de un uniforme) aporta lo suyo a este catálogo de rarezas sexuales ictícolas: existen dos tipos diferentes de machos, los cantores y los furtivos, cuyas apariencias y comportamientos son bien diferentes.

En la primavera del Hemisferio Norte, los machos cantores migran desde alta mar a la costa oeste de Estados Unidos y Canadá. Con sus fuertes aletas excavan nidos en las rocas cercanas a la costa y se ponen a cantar. El canto es un zumbido producido por vibraciones de la vejiga natatoria.

Atraídas por el canto, las hembras se acercan al nido y desovan en él. Los huevos están listos para ser fecundados, pero no es el dueño de casa quien se encargará de hacerlo. Sus órganos sexuales son pequeños (1 por ciento del peso corporal) y su capacidad reproductiva es baja. Entonces aparecen los machos furtivos. Son más pequeños que los cantores, no construyen nidos ni producen sonidos para atraer a las hembras. En compensación, tienen una gran capacidad reproductiva (sus órganos sexuales equivalen al 15 por ciento del peso corporal). Después que las hembras depositan los huevos, estos machos se deslizan furtivamente en el nido ajeno y los fecundan.

CONTROL CEREBRAL

El equipo dirigido por el neurobiólogo Andrew Bass, de la Universidad de Cornell, en Estados Unidos, ha estudiado el pez guarda marina por más de dieciséis años. Sus últimos descubrimientos están desentrañando la forma en que el cerebro regula la sexualidad.

El canto de los machos cantores está regulado por la misma región cerebral que controla la laringe en los humanos. Además, los circuitos neuronales de esa región son distintos en cantores y furtivos.

La cantidad de una enzima llamada aromatasa también es diferente en los dos tipos de machos. El cerebro de los cantores tiene mucha; los cerebros de los cantores y las hembras (ellas tampoco cantan), tienen poca.

En otros vertebrados, incluidos los humanos, la aromatasa cerebral es una enzima que interviene en el desarrollo de estructuras neuronales masculinas. Los investigadores piensan que, en una de ésas, la elevada cantidad de aromatasa puede ser la responsable de la maduración de las estructuras anatómicas necesarias para el canto.

HORMONAS EN EL AMBIENTE

Los cambios de sexo en los peces pueden ser inducidos experimentalmente en condiciones de laboratorio. Una forma de conseguirlo es aplicar hormonas sexuales o estrógenos ambientales. El estrógeno es una hormona producida por los ovarios. Interviene en el desarrollo de los caracteres sexuales femeninos y la maduración de los genitales. Los estrógenos ambientales son contaminantes que causan en los seres vivos efectos similares, aunque más débiles, a los del estrógeno. Detergentes de uso industrial, componentes de lacas y productos de incineraciones industriales son los principales estrógenos ambientales. En los años ochenta, el insecticida DDT fue añadido a la lista.

Un grupo de toxicólogos de la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera, Estados Unidos, inyectó o,p.-DDT (cierto tipo de DDT) en huevos de peces. La sustancia hizo que los embriones, machos desde el punto de vista genético, crecieran como hembras.

EFECTOS SEXUALES DE UN PLAGUICIDA

La propiedad del DDT de cambiar el sexo de ciertos animales era conocida desde hacía varios años. Lo novedoso de este experimento fue la magnitud del cambio, ya que por primera vez un macho cambiado de sexo produjo huevos fértiles.

La cantidad de o,p.-DDT usada en este estudio fue muy superior a los niveles detectados en los peces en condiciones naturales. Sin embargo, el resultado llamó la atención sobre la necesidad de estudiar el movimiento de los tóxicos desde la madre hasta los embriones.

Sustancias como el DDT se almacenan en los tejidos grasos de los organismos. En el caso de los peces, parte de la grasa materna migra al interior de los huevos en formación, donde nutrirán al embrión. Los contaminantes acumulados en los tejidos grasos pueden seguir el mismo camino y producir efectos importantes en la descendencia. En efecto, cuando los investigadores inyectaron en los huevos otros contaminantes ambientales, obtuvieron peces con anomalías en los ojos y el cerebro.

Lo interesante es que la plasticidad sexual de los peces parece estar controlada por mecanismos similares a los que controlan la sexualidad de otros vertebrados, incluidos los humanos. Comprender una ayudará, quizás, a entender la otra y tal vez pueda aportar un granito de arena para descifrar esa mezcla de elementos culturales, históricos, e incluso evolutivos y biológicos que configuran el complejo problema de la sexualidad humana.



PEZ ANEMONA "DAMISELADO"



PEZ ANEMONA DE BANDA BLANCA

NOVEDADES EN CIENCIA

EL "TERCER OJO" DE LOS RENACUAJOS

nature

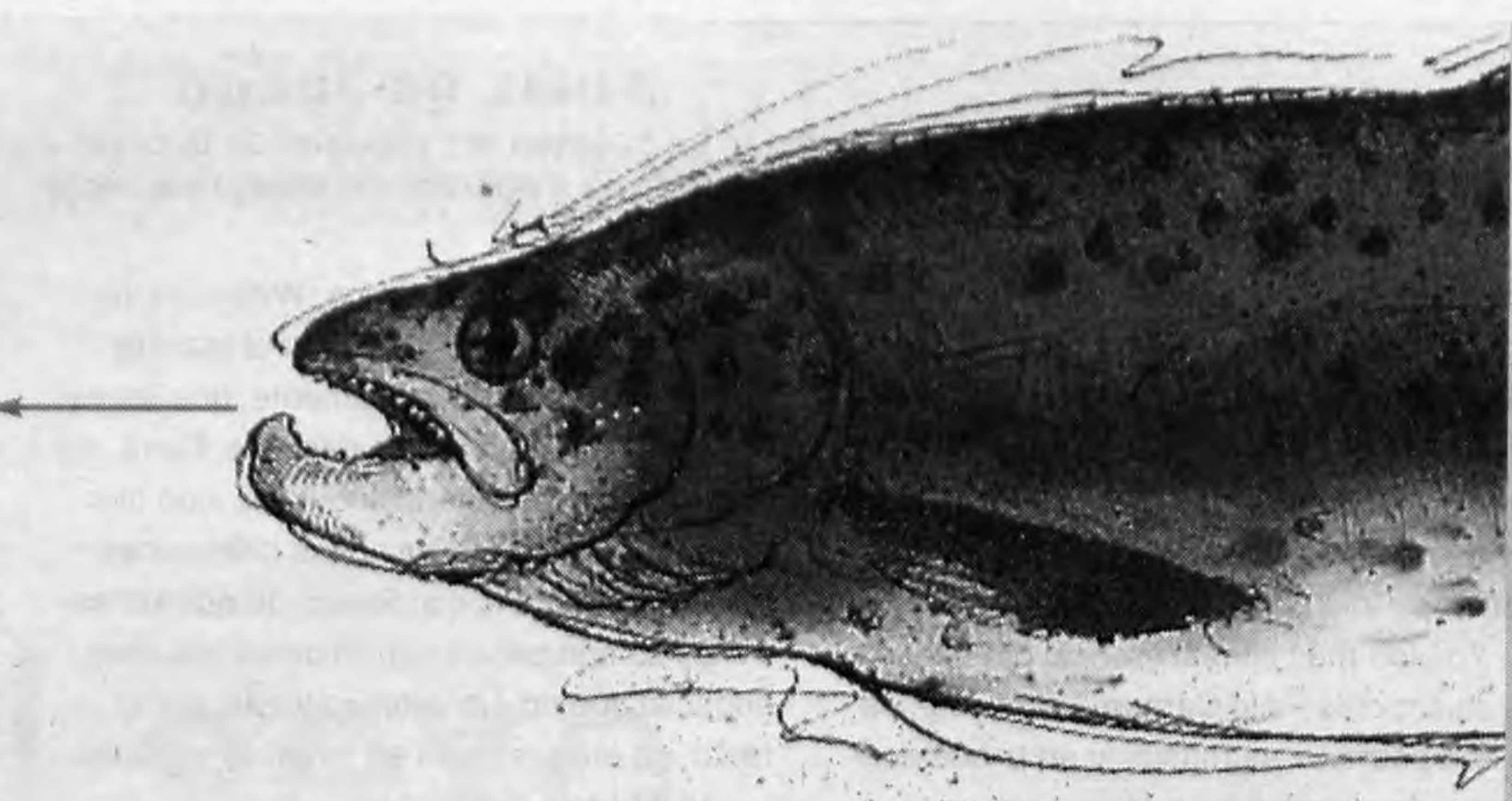
La vida de los renacuajos no es fácil: son frágiles, su sistema nervioso no está desarrollado, y todavía no tienen ojos verdaderos. Por todo esto, son presa fácil de muchos predadores. De todos modos, cuentan con una ayudita de la naturaleza: un "ojo" pineal, ubicado en la parte superior de sus cabezas, que no forma imágenes, pero detecta las variaciones en los niveles de luz. Se trataría, ni más ni menos, que de un eficaz mecanismo de supervivencia. Al menos, eso es lo que sugiere una curiosa experiencia realizada por dos investigadores británicos. Hace poco, los biólogos A. Roberts y D. Jamieson (Universidad de Bristol, Inglaterra) juntaron unos cuantos renacuajos de la rana africana *Xenopus laevis*, y los colocaron en unos recipientes opacos, llenos de agua. Y en la superficie, dejaron flotar algunos pedacitos de plástico. Luego, Roberts y Jamieson comenzaron a variar la intensidad de las luces que iluminaban los estanques. Y vieron qué pasaba. Luego de unas horas, descubrieron que cuando la luz era muy pobre, o casi nula, los renacuajos salían de su actitud pasiva, y nadaban verticalmente hacia arriba, hasta colocarse por debajo de los piezas de plástico. Sin embargo, aquellos renacuajos a los que se les había quitado el ojo pineal, no respondían a los cambios de luz. Según los investigadores, este comportamiento tiene una explicación: en su medio natural, y cuando cae la noche, muchos predadores salen a buscar presas en el fondo. Por lo tanto, subir a la superficie es más seguro. Por otra parte, y tal como demostró su tendencia a colocarse debajo de las piezas de plástico, el ojo pineal les permite detectar la sombra proyectada por las hojas de las algas o las plantas que flotan en la superficie del agua. Y el acercarse a ellas les ofrece un buen escondite. No está mal, por cierto.



"SUPER BROCOLI" ANTICANCERIGENO

NewScientist

Un nuevo engendro vegetal podría convertirse en un buen aliado en la lucha contra el cáncer de intestinos. Desde hace años, los científicos saben que el brócoli contiene generosas cantidades de sulforafano, una sustancia que cuando se libera en los intestinos dispara la producción de ciertas enzimas anticancerígenas. Y bien, resulta que después de algunas pruebas, en las que cruzó a plantas de brócoli comunes con una larguirucha variante siciliana, el investigador inglés Gary Williamson obtuvo una versión exagerada de esta especie vegetal. "El super brocoli tiene el mismo aspecto y sabor que el común, pero contiene 10 veces más sulforafano", explica el científico. Y claro, en principio, esto sería sumamente interesante, porque multiplicaría la producción natural de aquellas saludables enzimas. Hace poco, Williamson describió las cualidades del super brocoli durante un seminario del Institute of Food Research, en Londres. Y ahora, sólo espera los resultados: muy pronto, varios voluntarios comenzarán a comer brócolis comunes, y luego, los super brocolis. Y la idea es medir, en uno y otro caso, las concentraciones de las enzimas anticancerígenas en la sangre de estos voluntarios. Entonces, se sabrá si la variante de Williamson realmente funciona.





capaces de cambiar de sexo hasta 10 veces consecutivas. Una de ellas fue descubierta por el biólogo marino Tokomi Sunobe, del Museo de Historia Natural de Chiba (Japón). El nombre de la especie es *Tummi okinawae*, un pez tropical que vive cerca de la costa de Okinawa.

Al *T. okinawae* también le gusta formar grupos en los que varias hembras conviven con un macho dominante. Si el macho abandona el grupo, o muere, una de las hembras cambia de sexo y ocupa el lugar vacante.

Por el contrario, si un macho de mayor tamaño arriba al grupo, el macho de turno deja de comportarse como tal. Empieza a actuar como hembra y termina transformándose en una.

A diferencia de los peces que cambian de sexo una sola vez, los órganos sexuales del *T. okinawae* no desaparecen por completo. Unas pocas células del sexo opuesto perduran luego de cada cambio. Son las que regenerarán los genitales en el siguiente ciclo.

CUESTION DE TAMAÑO

El equipo del biólogo Matthew Grober, de la Universidad de Idaho, logró inducir experimentalmente los cambios de sexo del T. okinawae. Introduciendo y retirando peces del grupo, los investigadores lograron que ocurrieran todos los cambios posibles, incluidas las reversiones sucesivas. Grober descubrió que los cambios de sexo van acompañados de modificaciones cerebrales. Esas modificaciones se producen en unas células que fabrican arginina vasotocina, sustancia que controla el comportamiento reproductivo de los vertebrados. Durante los cambios sexuales del *T. okinawae*, estas células cambian de tamaño (pero no de número). Se agrandan cuando los machos se transforman en hembras, se achican cuando ocurre lo contrario. Hay investigadores que sostienen que esta región del cerebro puede estar relacionada con el comportamiento transexual en los humanos, aunque la hipótesis suena un tanto reduccionista.

UNA EVA PARA DOS ADANES

El pez guardia marina (llamado así por una hilera de manchas en sus costados que recuerdan los botones de un uniforme) aporta lo suyo a este catálogo de rarezas sexuales ictícolas: existen dos tipos diferentes de machos, los cantores y los furtivos, cuyas apariencias y comportamientos son bien diferentes.

En la primavera del Hemisferio Norte, los machos cantores migran desde alta mar a la costa oeste de Estados Unidos y Canadá. Con sus fuertes aletas excavan nidos en las rocas cercanas a la costa y se ponen a cantar. El canto es un zumbido producido por vibraciones de la vejiga natatoria.

Atraídas por el canto, las hembras se acercan al nido y desovan en él. Los huevos están listos para ser fecundados, pero no es el dueño de casa quien se encargará de hacerlo. Sus órganos sexuales son pequeños (1 por ciento del peso corporal) y su capacidad reproductiva es baja. Entonces aparecen los machos furtivos. Son más pequeños que los cantores, no construyen nidos ni producen sonidos para atraer a las hembras. En compensación, tienen una gran capacidad reproductiva (sus órganos sexuales equivalen al 15 por ciento del peso corporal). Después que las hembras depositan los huevos, estos machos se deslizan furtivamente en el nido ajeno y los fecundan.

CONTROL CEREBRAL

El equipo dirigido por el neurobiólogo Andrew Bass, de la Universidad de Cornell, en Estados Unidos, ha estudiado el pez guardia marina por más de dieciséis años. Sus últimos descubrimientos están desentrañando la forma en que el cerebro regula la sexualidad.

El canto de los machos cantores está regulado por la misma región cerebral que controla la laringe en los humanos. Además, los circuitos neuronales de esa región son distintos en cantores y furtivos.

La cantidad de una enzima llamada aromatasa también es diferente en los dos tipos de machos. El cerebro de los cantores tiene mucha; los cerebros de los cantores y las hembras (ellas tampoco cantan), tienen poca.

En otros vertebrados, incluidos los humanos, la aromatasa cerebral es una enzima que interviene en el desarrollo de estructuras neuronales masculinas. Los investigadores piensan que, en una de ésas, la elevada cantidad de aromatasa puede ser la responsable de la maduración de las estructuras anatómicas necesarias para el canto.

HORMONAS EN EL AMBIENTE

Los cambios de sexo en los peces pueden ser inducidos experimentalmente en condiciones de laboratorio. Una forma de conseguirlo es aplicar hormonas sexuales o estrógenos ambientales. El estrógeno es una hormona producida por los ovarios. Interviene en el desarrollo de los caracteres sexuales femeninos y la maduración de los genitales. Los estrógenos ambientales son contaminantes que causan en los seres vivos efectos similares, aunque más débiles, a los del estrógeno. Detergentes de uso industrial, componentes de lacas y productos de incineraciones industriales son los principales estrógenos ambientales. En los años ochenta, el insecticida DDT fue añadido a la lista.

Un grupo de toxicólogos de la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera, Estados Unidos, inyectó o,p.-DDT (cierto tipo de DDT) en huevos de peces. La sustancia hizo que los embriones, machos desde el punto de vista genético, crecieran como hembras.

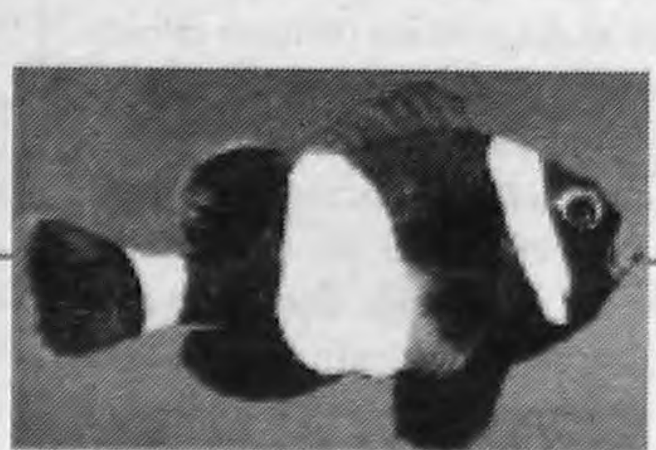
EFECTOS SEXUALES DE UN PLAGUICIDA

La propiedad del DDT de cambiar el sexo de ciertos animales era conocida desde hacía varios años. Lo novedoso de este experimento fue la magnitud del cambio, ya que por primera vez un macho cambiado de sexo produjo huevos fértiles.

La cantidad de o,p.-DDT usada en este estudio fue muy superior a los niveles detectados en los peces en condiciones naturales. Sin embargo, el resultado llamó la atención sobre la necesidad de estudiar el movimiento de los tóxicos desde la madre hasta los embriones.

Sustancias como el DDT se almacenan en los tejidos grasos de los organismos. En el caso de los peces, parte de la grasa materna migra al interior de los huevos en formación, donde nutrirán al embrión. Los contaminantes acumulados en los tejidos grasos pueden seguir el mismo camino y producir efectos importantes en la descendencia. En efecto, cuando los investigadores inyectaron en los huevos otros contaminantes ambientales, obtuvieron peces con anomalías en los ojos y el cerebro.

Lo interesante es que la plasticidad sexual de los peces parece estar controlada por mecanismos similares a los que controlan la sexualidad de otros vertebrados, incluidos los humanos. Comprender una ayudará, quizás, a entender la otra y tal vez pueda aportar un granito de arena para descifrar esa mezcla de elementos culturales, históricos, e incluso evolutivos y biológicos que configuran el complejo problema de la sexualidad humana.



PEZ ANEMONA DE BANDA BLANCA

NOVEDADES EN CIENCIA

EL "TERCER OJO" DE LOS RENACUAJOS

nature La vida de los renacuajos no es fácil: son frágiles, su sistema nervioso no está desarrollado, y todavía no tienen ojos verdaderos. Por todo esto, son presa fácil de muchos predadores. De todos modos, cuentan con una ayudita de la naturaleza: un "ojo" pineal, ubicado en la parte superior de sus cabezas, que no forma imágenes, pero detecta las variaciones en los niveles de luz. Se trataría, ni más ni menos, que de un eficaz mecanismo de supervivencia. Al menos, eso es lo que sugiere una curiosa experiencia realizada por dos investigadores británicos. Hace poco, los biólogos A. Roberts y D. Jamieson (Universidad de Bristol, Inglaterra) juntaron unos cuantos renacuajos de la rana africana *Xenopus laevis*, y los colocaron en unos recipientes opacos, llenos de agua. Y en la superficie, dejaron flotar algunos pedacitos de plástico. Luego, Roberts y Jamieson comenzaron a variar la intensidad de las luces que iluminaban los estanques. Y vieron qué pasaba. Luego de unas horas, descubrieron que cuando la luz era muy pobre, o casi nula, los renacuajos salían de su actitud pasiva, y nadaban verticalmente hacia arriba, hasta colocarse por debajo de los piezas de plástico. Sin embargo, aquellos renacuajos a los que se les había quitado el ojo pineal, no respondían a los cambios de luz. Según los investigadores, este comportamiento tiene una explicación: en su medio natural, y cuando cae la noche, muchos predadores salen a buscar presas en el fondo. Por lo tanto, subir a la superficie es más seguro. Por otra parte, y tal como demostró su tendencia a colocarse debajo de las piezas de plástico, el ojo pineal les permite detectar la sombra proyectada por las hojas de las algas o las plantas que flotan en la superficie del agua. Y el acercarse a ellas les ofrece un buen escondite. No está mal, por cierto.



"SUPER BROCOLI" ANTICANCERIGENO

NewScientist Un nuevo engendro vegetal podría convertirse en un buen aliado en la lucha contra el cáncer de intestinos. Desde hace años, los científicos saben que el brócoli contiene generosas cantidades de sulforafano, una sustancia que cuando se libera en los intestinos dispara la producción de ciertas enzimas anticancerígenas. Y bien, resulta que después de algunas pruebas, en las que cruzó a plantas de brócoli comunes con una larguirucha variante siciliana, el investigador inglés Gary Williamson obtuvo una versión exagerada de esta especie vegetal. "El super brocoli tiene el mismo aspecto y sabor que el común, pero contiene 10 veces más sulforafano", explica el científico. Y claro, en principio, esto sería sumamente interesante, porque multiplicaría la producción natural de aquellas saludables enzimas. Hace poco, Williamson describió las cualidades del super brocoli durante un seminario del Institute of Food Research, en Londres. Y ahora, sólo espera los resultados: muy pronto, varios voluntarios comenzarán a comer brócolis comunes, y luego, los super brocolis. Y la idea es medir, en uno y otro caso, las concentraciones de las enzimas anticancerígenas en la sangre de estos voluntarios. Entonces, se sabrá si la variante de Williamson realmente funciona.

LIBROS Y PUBLICACIONES

REPRESENTACION Y REALIDAD
Hilary Putnam
Gedisa, 206 pág.



En *Representación y realidad* –editado por primera vez en 1988 y reeditado ahora en español–, el reconocido filósofo contemporáneo Hilary Putnam propone una serie de argumentos críticos que apuntan al corazón del funcionalismo o teoría computacional de la mente. Putnam, que ingresó en el campo de la semántica con el famoso experimento mental de "la tierra gemela" –y que se retoma invariablemente también aquí–, discute en esta obra con Chomsky, Fodor, Searle y con Putnam mismo. Sostiene que es incorrecta la identificación directa de los estados mentales con estados funcionales, que suelen ser caracterizados en términos de una teoría computacional de la mente. Se trata de una fuerte crítica, que ahonda en algunas concepciones de la filosofía de la mente y la semántica –por ejemplo, critica los intentos de naturalizar la referencia y hacer del significado una entidad susceptible de ser descripta en términos fisicalistas y científicos.

El discurrir de las tesis negativas que arman la estructura central de *Representación y realidad* y que sirven como excusa también para pasar revista a la semántica y las ciencias cognitivas, desde Aristóteles en adelante, también hará lugar a algunas consideraciones "positivas" de Putnam en torno de la mente, la verdad y el significado, en última instancia, el telón de fondo de esta obra.

Hay que decir, por último, que los laberintos de la semántica y la filosofía de la mente suelen ser arduos y pueden provocar fácilmente el desconcierto en los lectores que no estén familiarizados con los tópicos y los autores analíticos. De todas maneras, a lo largo de la obra se exponen claramente las tesis centrales de cada autor que Putnam discute y, en este sentido, la lectura se vuelve menos esotérica.

AGENDA CIENTIFICA

EXPO INTERNET 2000
Hasta el 19 de junio estará abierta la muestra *Expo Internet 2000* en el Centro de Exposiciones de la Ciudad de Buenos Aires, Av. Figueroa Alcorta y Pueyrredón.

ESCRITORES DEL PASADO
Siguiendo con la propuesta *El e-mail llama dos veces. Correo con escritores del pasado*, durante el mes de junio se podrá mantener correspondencia con **Roberto Arlt. Alvaro Abós** le pondrá la letra y la correspondencia mantenida aparecerá publicada en la página web de la Dirección de Bibliotecas de la Ciudad. Dirección: **www//buenosaires.gov.ar/cultura/biblioteca**

AMBIENTE Y ALIMENTOS
Del 26 al 30 de junio se realizará el IV curso de posgrado *Ambiente, producción y utilización de alimentos*, en la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UBA. Para mayor información: Av. Chorroarín 280, Tel. 4524-8415, E-mail: agricola@fvet.uba.ar

ESCUELA DE CIENCIAS INFORMÁTICAS
El Departamento de Computación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA informa que entre los días 24 y 29 de julio se llevarán a cabo cursos y conferencias sobre distintos aspectos de la ciencia informática. Para mayor información: Tel. 4576-3359/3390/3396 int. 701-702.

FINAL DE JUEGO

donde junto al cadáver del astrofísico se cuentan los avatares de la paradoja de Olbers, la historia de Hershel y la Galaxia y aparece un objeto paradojal

POR LEONARDO MOLEDO

Después del estruendo, la calma se restableció enseguida, e inmediatamente el Departamento de Matemáticas se vio invadido por ese silencio tenso que precede a las catástrofes.

–Yo diría más bien el silencio que *sigue* a las catástrofes –dijo Carnap–, si pensamos en ese pobre ex astrofísico y en lo que acabamos de presenciar, o, mejor, oír.

–Seguramente se trató de una supernova –dijo Putnam–. Apropiado para un astrofísico asesinado. Y a propósito, habrán visto que salió uno de mis libros comentado en esta misma página. El hecho me enorgullece, desde ya, pero me parece que quien lo escribió no tiene mucha simpatía por la filosofía analítica.

Uno de los policías se acercó ansioso y excitado al comisario inspector Díaz Cornejo con un objeto en la mano.

–¡Mire lo que encontramos! –alcanzó a decir, pero el comisario inspector lo apartó sin prestarle la más mínima atención.

–Llegaron varias cartas sobre la paradoja de Olbers –dijo–. Algunas muy divertidas, como la que envió Adolfo Pinco. También recibimos una carta de Alberto de Renzis, que **no** llegó por e-mail, lo cual es todo un dato en esta época. Bien. El propio Olbers sugirió que una manera de eludir su propia paradoja era admitir la existencia en el espacio de nubes de polvo que absorberían la luz de las estrellas muy alejadas, tapándolas, por así decir. Pero eso no arreglaba nada, pues a medida que las nubes de polvo absorbieran luz se calentarían, hasta que empezarían a emitir luz **ellas**, con lo cual la luz que recibimos seguiría siendo infinita. No cabía duda de que en los supuestos de Olbers tenía que haber algún error.

–Bueno –dijo Carnap–; los supuestos de la paradoja de Olbers eran dos: primero, que hay infinitas estrellas. Segundo, que están uniformemente distribuidas en capas concéntricas.

–O sea que, como el cielo no es completamente brillante, o bien las estrellas no son infinitas, o bien no están uniformemente distribuidas –dijo Putnam.

–O bien ninguna de las dos cosas –apuntó Goodman.

–Esa fue, más o menos la conclusión que se desprendía de las observaciones de otro gran astrónomo de la época, William Herschel, que además de descubrir el planeta Urano, observaba, precisamente, que las estrellas, tal como se las ve desde la Tierra, no están uniformemente distribuidas, sino que se acumulan en determinadas direcciones. Herschel llegó a la conclusión de que las estrellas se agrupaban dentro de un volumen espacial que no era esférico y que, por lo tanto, no era simétrico en todas direcciones.

–Ni infinito –dijo Carnap.

–Ni infinito –acordó el comisario inspector–. Nada de Hotel de Hilbert Infinito para las estrellas. Según Herschel, las estrellas del universo constituían un "sistema sidéreo" finito bien definido.

–La Galaxia –dijo Kuhn–. Estaba estableciendo un nuevo paradigma astronómico.

–Efectivamente. La Galaxia, o lo que entonces se llamó universo-isla, que es lo que vemos en el cielo como Vía Láctea, y calculó que habría allí unos trescientos millones de estrellas agrupadas en forma de lente... ¿Pero qué quiere? –le espetó al policía que volvió a acercársele–. ¿No ve que estamos hablando de la Galaxia?



FREDERICK WILLIAM HERSCHEL (1738-1822) DESCUBRIDOR DE URANO.

–Pero... pero... –balbuceó el policía–. El muerto... el asesinado...

El comisario inspector ni se molestó en contestarle.

–No hay nada que hacerle –dijo–. La policía y la Facultad de Ciencias Exactas tienen alguna incompatibilidad fundamental.

–Lo cierto –dijo Kuhn– es que, dentro del paradigma astronómico dominante en el siglo pasado, la idea del "universo-isla" encajaba perfectamente.

–Efectivamente. Las observaciones de Herschel y el razonamiento de Olbers disiparon durante un siglo la idea de un universo infinito, y más, cuando se vieron confirmados por las observaciones del astrónomo holandés Jacobus Cornelius Kapteyn (1851-1922), cuyos resultados confirmaron la imagen de Herschel de una Galaxia, un universo-isla lenticular, con el Sol en el centro o muy cerca de él.

–Un poco antropocéntrico –acotó Goodman.

–Efectivamente –dijo el comisario inspector– y si no me equivoco, ya el propio Kant había sugerido que ciertos objetos difusos que se veían en el cielo, y que se llamaban "nebulosas" podían ser, quizás, otros "universos-islas", con lo cual el nuestro sólo sería uno de tantos.

–Este asunto de las nebulosas y la discusión sobre ellas es un punto de ruptura en la astronomía –dijo Kuhn. Pero el comisario inspector ya no podía resistir los asaltos del policía desesperado que lo rondaba y en cierta forma, se rindió.

–Bueno, dígame –aceptó. –A ver qué maravilla encontraron. ¿Huellas digitales, manchas de sangre, esas cosas que siempre encuentran ustedes y que usualmente no sirven para nada?

Humillado, el policía desenvolvió lo que traía envuelto en un papel especial.

Era una antigüedad. Una auténtica, verdadera y palpable antigüedad, un orinal de porcelana inglesa, notoriamente de la época de la colonia, primorosamente grabado con filetes de oro y una guarda con motivos que permitía fecharlo hacia la época del virrey Vértiz.

–Estaba debajo del cadáver y apareció apenas, bueno, el doctor, ese muerto se movió cuando sobrevino ese ruido sobrenatural...

–Sobrenatural... –dijo el comisario inspector–. La policía siempre es supersticiosa y considera sobrenatural el estallido de una supernova.

Para horror del policía, lo agarró sin mayores miramientos, borrando cualquier huella que hubiera podido quedar en él.

–Pero miren ustedes las cosas que usaban. Eso es lo que se llama refinamiento, si uno lo compara con los papagayos de hoy en día, que a nadie se le ocurriría fabricar en porcelana. En Alsina y Defensa exponen una colección de este tipo de objetos verdaderamente encantadora. Lo interesante –dijo, observándolo cuidadosamente– es que tiene fecha de fabricación: 1997.

–No entiendo cómo una antigüedad de la época colonial puede haber sido fabricada hace sólo tres años –dijo Carnap–. A menos que sea falsa.

–Ah, mi querido filósofo –le contestó el comisario inspector–, esta antigüedad colonial, fabricada hace sólo tres años, es absolutamente auténtica. Es que las antigüedades son una paradoja en sí mismas. Pero creo que, dado que tenemos un cadáver y una antigüedad asociadas, tendríamos que tener una breve charla con el director del Departamento de Matemáticas. ¿No les parece?

¿Qué piensan nuestros lectores? ¿Era lógico pensar, en el siglo pasado, que la Galaxia, o universo-isla era todo el universo? ¿Las antigüedades son verdaderamente paradojales en sí mismas? ¿Por qué de la conjunción del cadáver y la antigüedad, el comisario inspector dedujo que ya era hora de ir a ver al director del Departamento de Matemáticas?

AQUI NOMAS MEDICINA

Dolor a distancia

POR AGUSTÍN BIASOTTI

Dolor en el cuello, en los hombros y en la espalda. ¡Estrés!, sentencia quien lo padece y, acto seguido, se promete llevar una vida más distendida, hacer ejercicio físico, respetar los horarios de las comidas y dedicarles algo de tiempo a tareas como la floricultura o la filatelia. Puede que cumpla o puede que no, de todos modos el dolor no se va, por lo que el sufriente decide recurrir a la medicina. En una primera consulta el médico duda: neuralgia del trigémino, síndrome de escalenos anteriores, pero no da con la escurridiza causa del dolor. Y es que ésta se encuentra oculta a considerable distancia de la región del cuerpo afectada. El problema en cuestión no es sino una disfunción de la articulación que permite que la boca se abra y se cierre, su nombre: témporo-mandibular. Cuando el hueso implicado en este movimiento adopta una posición anormal, se producen ruidos en la articulación que pueden dar lugar a una irritación del sistema nervioso que luego se transmite a los músculos. ¿Cuáles músculos? Los del cuello, los hombros y la espalda ...

Con respecto de las causas, son muy variadas: pueden responder tanto a eventos traumáticos como a agentes bacterianos o a problemas sistémicos.

Según un grupo de odontólogos y traumatólogos argentinos que investigó el tema –integrado por los doctores Jorge Learreta, Alicia Gil, Eduardo Iturrieta y Juan Carlos Zita–, de 112 chicos estudiados de entre 9 y 12 años, el 40 por ciento manifestaba esta disfunción, porcentaje que coincide con estadísticas de los Estados Unidos (33 por ciento) y de Japón (35 por ciento). A pesar de la enorme incidencia de la disfunción témporo-mandibular, no todos los que la padecen experimentan los dolores mencionados y, en muchos casos, la disfunción se revierte sola. Incluso en los casos en que sí se hace presente el dolor, "llegar al diagnóstico correcto es complejo ya que se requiere todo tipo de estudios de imágenes: radiología, resonancia nuclear magnética, etc.", señala el doctor Learreta. En cuanto al tratamiento, a lo que se apunta no es a la región del cuerpo que duele sino a corregir mediante un tratamiento odontológico la posición incorrecta de la articulación témporo-mandibular, la lejana y ruidosa madre del dolor.